

**FRACTAL ANALYSIS IN DIGITAL CARTOGRAPHIC MODELING  
OF MIROČ MOUNTAIN**

ALEKSANDAR VALJAREVIĆ<sup>1\*</sup>, DRAGICA ŽIVKOVIĆ<sup>2</sup>, ALEKSANDRA PETRAŠEVIĆ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*University of Kosovska Mitrovica – Natural Science Faculty, Department of Geography, Јоле Пуџара 29, 38220 Kosovska Mitrovica, Serbia*

<sup>2</sup>*University of Belgrade – Faculty of Geography, Studentski trg 3/3, 11000 Belgrade, Serbia*

<sup>3</sup>*University of Banja Luka, Natural science faculty department of Geography, Banja Luka, Bosnia and Hercegovina*

**Abstract** : Miroc is a mountain in Eastern Serbia placed between Donji Milanovac and Tekija in Negotinska Krajina. The highest mountain summit is Veliki Strbac, 768 metres above sea level. Miroc is the most protruding part of Eastern Serbia and the most western part of the Djerdap Mountain Massive. The mountain is surrounded by the Danube from all the sides. Miroc Mountain, Veliki and Mali Srbac, the Danube River, the Djerdap Gorge, Veliki and Mali Kazan are the real place of world permeation both on land and in the water. This embraces the territory of nearly 500 km<sup>2</sup>. Fractal Geometry is a sort of new language used for describing, modeling or analyzing complex shapes in nature. A fractal is a diminished unity copy; the type that resembles itself. The work objective is to show the possibility of using computer analyses as well as the programme languages Python, C++, GIS software, Global Mapper 15.2 and QGIS/a in the example of Miroc Mountain morphometric features.

**Key words** : Miroč, mountain, Danube, Python, Global Mapper 15.2, QGIS, fractals

**Introduction**

Miroc, with an area cover of 300 km<sup>2</sup>, is located in northeast Serbia. It belongs to small mountains because the highest mountain part is between 450 to 500 m. It spans across the territory between Donji Milanovac and Tekija in Negotinska Krajina, among the arches, at the Danube twist where it works its way through the rocky cliffs of Djerdap, in this way, cutting through the southern fringes of the Carpathians. The mountain is surrounded by the Danube from all the sides. The highest mountain top is Veliki Strbac, 768 metres above sea level, which elevates at the narrowest point of the Danube in Europe, then come the mountainous elevations of Mali Vis, Visoki Cukar, Carsija, Glavica, and the plateaus Kiloma, Beljan, Alun and the Miroc Plateau. There is a great number of rock types and sediments in the structure of Eastern Serbia, which results in the conclusion that that all these lithological units are not of the same age. The sediments, represented by sand and clay, in the eastern territories, are certainly considerably younger than the sandy terrains or shale, which are more to the west, emerging as a result of diagenesis, i.e. a result of sediment

\*E-mail:aleksandar.valjarevic@pr.ac.rs

Article history: Received 12.07.2014 ; Accepted: 22.11.2014

This paper is part of the project No 176008 and III44006 financed by Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia

solidification. Metamorphic rocks, such as chlorate slates in Miroc, have emerged from marl rocks. It is the Alpine genesis that plays the most important part in today's look of Miroc. 70 million years ago, the area faced the launching of older, Cambrian rocks, through the indigenous and younger Mesozoic rocks of North East Serbia. The old rocks are represented by gneiss, micashist and chlorite slates. Even today, they cover the eastern and western slopes of Miroc. The isolated masses of these rocks, along with the Tekija and Sip crystalline are the western edges, the launched rocks of long - term tectonic movements. For being considerably older rocks than the rocks below them, approximately one billion years old, there is evidence of a great myriad in North East Serbia. Its wide presence, also known as the launching of Djerdap was later interrupted by tectonic movements and erosive processes. The time of the East Serbia mountains creation is related to that time period. With the uplift of the mountains, the sea started receding again, and over the whole Palaeogene period, for about 40 million years, that space had been land. During the existence of the Pannonia Sea-Lake, the eastern slopes of Miroc bathed in the waters of the Dacia and Vlach Sea. The two water areas were most frequently mutually connected, excluding the Jurassic period alone when with the uplift of the Carpathians this connection was broken. The presence of a considerable amount of terigen material indicates the constant and powerful land uplift presented by the Miroc- Deli Jovan mountain chain. Because of the mountain elevation the connection between the Pannonia and Vlach Sea was lost. The Vlach Sea was never deep in Negotinska Krajina or Kljuc, it was not deeper than 50 metres. (Stevanovic,P. 1951, 1982).

As the tectonic movements and uplifts continued, the Vlach Sea shore gradually moved to the east. The former sea bottom became riddled with stream and river valleys drained by the eastern slopes of Miroc, Veliki Greben and Deli Jovan. That the Alpine orogenesis is still going on is indicated by the topographic shapes coming as a result of mountain uplifts. Miroc could be rising 2 or 4 mille metres a year (Jovanovic, P.1971). The uplifts were even taking place in the Pliocene and Quaternary period. Due to the fact that the Danube cut through the breakthrough gorge underneath Veliko Strbce (768 metres high), and not at a more southern point, what can be drawn as a conclusion is that the Miroc region was lower at the beginning of their interference. With the unequal slant of the uplift in the meridian direction, the Miroc anticlinorium axis sinks to the south. It is built of limestone, with intensive karst. During the paleo-geomorphological evolution, the Miroc area was covered by the Vlach Sea water. With the retreat of the Vlach Sea coastline to the east, the successive river valley interference began to appear at its bottom. The biggest, the longest and the most important river valley is the Danube River valley, that is Djerdap. The narrowest part of this gorge is often presented by the vertical Miroc cliffs. The largest areas of pure limestone is in Miroc (Manojlović P, 1986), within the unique unit of 125 km<sup>2</sup>.



Figure 1. Part of Miroc Mountain Position in Republic of Serbia.

## Fractal Analysis in Geo Sciences

In the 1970s, fractal geography was booming along with the Clever Chaos Theory and Brown's Movement Theory. The three theories could be viewed as modern ones because they meant a progress in the applicative disciplines of Geo- sciences. Their mathematical and statistical basis as well as the stochastic contour got implemented as a code in the informatics set (Clarke, K 1988). The programme languages used in fractal geometry, such as FORTRAN, Java, and Pascal have increased almost three times. Therefore, the implementation of fractal analysis is present in almost every GIS software (ArcGIS, GeoMedia Professional, Global Mapper), as well as in open source GIS software, such as Quantum GIS, SAGA GIS, Grass GIS etc. Fractal analysis has found its principal use in physical geography, social and digital cartography ( Ngan-Lam N., De Cola L, 1993). The application in physical geography can be divided into the categories it deals with:

1. Methods for Determining Fractal Dimension
2. Use of Fractals in Geo Chemistry
3. Mapping Geostatic
4. the Shreve River Network Model
5. Brown's Fractal Movement
6. Fractal Mini and Macro Set
7. the Double Way of Phenomenon Movement
8. Fractal Time Series
9. Fractal Moment of Silence and Phenomena Movement
10. the Zero Point and the Levi Cluster
11. Self Sustainable Fractals.

Fractal geometry has been less applied in social geography but it has occupied the primary position in spatial planning and urban geography.

The next applying areas should be emphasised :

1. The Classical Central Theory of Cities
2. The Geometry of Fractal Cities
3. the Fractal Hierarchical Generation of the Three Principal City Zones
4. Dimension and Space in the Central City Theory
5. Generalisation towards Higher K Values
6. Fractal Geometry and Urban Morphology
7. Models of Urban Growth and Cluster Regions.

Applying it in Geography and Digital Cartography involves the following areas:

1. Fractal Terrain Analysis
2. Process Map Texture
3. Map Model
4. Opposite Map Model
5. the Synthetic Everest Method.

All the subareas that Fractal Analysis deals with make it possible for a wide and methodical approach in Geo Sciences.

### Method and Simulation of DEM Curves and Grid Terrain

Fractal dimensional measurement in particular grid areas is always a challenge because a particular grid may involve more than million points. The most ambitious undertaking is obtaining the dimensions. The X, Y dimensions are obtained relatively easy while the Z dimension meaning elevation or amplitude is obtained with more difficulty. Similar curve measurements, a different method and an algorithm are presented by the D dimension which involves all three coordinates (X, Y, and Z). The insulated lines are presented by terrain intersection with an additional terrain plan through a projection file where the grid is introduced.

$$D_{surface} = D_{isarithm} + 1 \quad (1)$$

The equation is the step at which the intersection will take effect or grid points will be added (Burrough, P.A, 1981). The step is map digitalization now widespread in any GIS software. This is how the Digital Elevation Model (DEM) is derived or the data of the points recorded in a remote detection or via satellite images. The algorithm that could have performed this function is to an extent corrected (Goodchild,1980). The two scientists inserted a code in the program language FORTRAN for the first time. FORTRAN is today somewhat less important, so the code has been implemented in the program languages of Python and C++, and as a segment, it has been used in JAVA script. In the abbreviated version of the code working, it is explained that the data expected from the Z value are

inserted through matrices. The number of columns among the points will determine the number of functions among the insulated lines. The program generates various step values which follow the geometric series, and one of the steps is the measure unit within the very grid, so the step follows as 1,2,4,8,16,32,64 ... $N \rightarrow \infty$ . Within the code, the program generates the maximum number of steps, which depends upon the grid size. Even the small step values are taken from the grid value. The program is generated by the D value for all the insulated lines of the grid, whereas the average value is D, so the value is increased by 0.9 to avoid overlapping. For all the insulated lines and the already processed data and in order to avoid the overlapping in the picture, the pixel cell is left to be black, so that in digital models a network is frequently derived defining this phase algorithm. If the pixel colour is different, then the overlapping has happened to a certain number of pixels, so in this way, even minor topographic detail is defined. When the fractal process is over, the pixel cells that were in the steps do not undergo geometric squaring as the topography rounds off its value. If it were not for this function in the step, line dispersion would occur since it is inclined to infinity operations. The LANDSAT images of a different spectral analysis must be drawn on the edges of the pixel lines, so their algorithm is somewhat different. A random murmur is taken for the pixels to be later coloured and the areas defined (Lam, 1990). On calculating all the bordering lines by step, in terms of all the insulated lines, the algorithm uses linear regression. From Table 1, the area of the final fractal dimension can be calculated using the equation as well as the average value of the D value of particular insulated lines for all the values bigger or equal to the equation  $R^2 \geq 0.9$

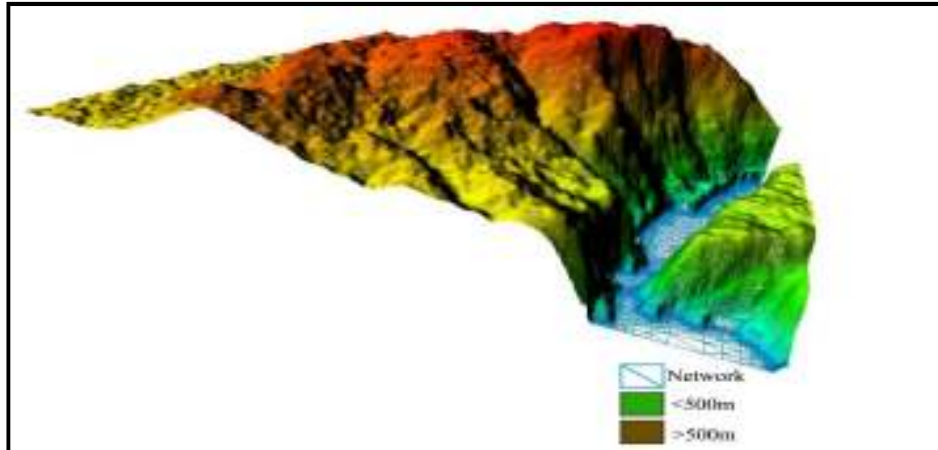
**Table 1. Fractal Dimension of Three Curves Measured by the Walking**

Object	Theoretical D	Measured D	R <sup>2</sup>
Circle	1	1,0084	0,489
Louisiana coastline	$1 \leq D \leq 2$	1,2007	0,976
Koch snowflake	1,2619	1,2033	0,982

### Fractal Analysis of Miroc Mountain DEM

On defining the geographic position of Miroc Mountain, what is done next is the download of LANDSAT satellite image applied onto a TK map of the designated Miroc Mountain area. It is the site called USGS that is used for this purpose (US Geological Survey). There are numerous methods and ways for inserting a DEM. One of the methods involves the drawing of contour lines on a particular topographic map. The important thing is for the contour line to have a most natural shape, to be drawn manually. As the lines are sorted according to their altitude, with the major contour line being 100 m, and the basic ones 20 m, all the altitudes are sorted in a specially designated layer called Modify Feature Info. This is the place where the layer name and feature class are inserted, which are then stored. The line is designated a name as well as the name of the basic altitude parameters, (the altitude layer matters most without which the DEM cannot be initiated). The function where the layers are drawn is signed by the algorithm Elevation. It is enough to draw the altitude and put the letter where the altitude is marked, (x,y,z), for the software to recognise the altitude coordinate. On all the layers being inserted into the basis, all the lines are obtained which now need to be transferred into the area, so that the DEM altitudes will be derived from the lines, getting the effect of a Digital Elevation Model. The procedure is considerably more difficult to perform than the next one, but better results are achieved for being more precise. The next way for creating a DEM is its download from an available server. One of the possibilities involves is data download and transfer from the very

software server (Global Mapper), which is to be found in the command called Download Online Data. When the window is opened following the command Aster GDEM, inside the very link, the data which can be viewed in various formats are downloaded, including DEM, GeoTiff, DEM/USGS, KML, OZI, and ASCII. The selected area is cropped and along with the projection, the coordinate is determined, later to be stored in a PJR file. Global Mapper 15.2 later extracts the data from the DEM.



**Figure 2. Example of Fractal Analysis Derived from GIS software with Implemented Algorithm of Fractal Step.**

On obtaining the DEM, points which are inserted in the program language C++ are extracted, and later in Python with its packages in the program OGIS. What is obtained from the software is the annual estimate of uplift per pixel which equals 0.000345 (3,45mm per year), over one year or 34,5 m in 100000 years, if the parameters such as these are taken into account today to avoid any unprecedented catastrophe.

```
using namespace std;

template<class T>
class Fractal
{
public:
    Fractal(void);
    ~Fractal(void);
```

**Figure 3. Example of Initial Code in C++ Program Language Which Has Been implemented in GIS Software OGIS via Python Code**

## Conclusion

It is the Alpine orogenesis that plays the most important part in shaping the looks of Miroc and northeast Serbia today. The presence of the considerable amount of terigen material suggests the constant and powerful land uplift presented by the Miroc- Deli Jovan Mountain Chain.

In the 1970s fractal geography was booming, along with the Clever Chaos Theory and the Brown Movement Theory. It is a sort of some new language used to analyze, model and describe complex shapes in nature. A fractal is the minimized copy of a unit, the type that resembles itself. Fractal Analysis has been implemented in almost any GIS software such as ArcGis, GeoMedia Professional, Global Mapper, including the open source GIS software, which includes Quantum GIS, SAGA GIS, Grass GIS etc. On obtaining the DEM, the points which are inserted in C++ are extracted, including Python which has its packages in the program OGIS. The software provides the annual mountain uplift estimate, which is approximately 0.00345 m per year or 345 in a million years if the current parameters are used.

## References

- Burrough, P.A. 1981. Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. *Nature* 294(19): 240-242.
- Clarke, K.C. 1988. Scale-based simulation of topographic relief. *The American Cartographer* 15(2):173-181.
- Goodchild, M.F. (1980). Fractals and the accuracy of geographical measures. *Mathematical Geology* (12):85-98.
- Стевановић П. (1951): Доњи плиоцен Србије и суседних области, Посебно издање САН., књ.CLXXXVII, Геолошки институт, књ.2, Београд
- Јовановић П.(1971): Иследование современих вертикалних движени Земиои кори в Југославиин, Савезна геодетска управа, Београд
- Манојловић П.(1986): Североисточна Србија- физичко-географске карактеристике, Историјски архив Крајине, Кључа и Пореча у Неготину
- Nina S.N., Lee D.C. (1993). *Fractals in Geography*, The Blackburn Press, New Jersey, USA.
- Lam N.S-N. (1980). *Methods and Problems of Areal Interpolation*. PhD. dissertation. London, Ontario: Department of Geography, University of Western Ontario.
- Softwares: Global Mapper 15.2, QGIS 2.4 Chugiak
- Internet sources:
- Internet 1: <http://www.globalmapperforum.com/forums/forum.php>, retrieved 18 August 2014.
- Internet 2: [http://hub.qgis.org/projects/quantum-gis/wiki/Users\\_Corner](http://hub.qgis.org/projects/quantum-gis/wiki/Users_Corner)

## ФРАКТАЛНА АНАЛИЗА У ДИГИТАЛНОМ КАРТОГРАФСКОМ МОДЕЛОВАЊУ ПЛАНИНЕ МИРОЧ

АЛЕКСАНДАР ВАЉАРЕВИЋ<sup>1</sup>, ДРАГИЦА ЖИВКОВИЋ<sup>2</sup>, АЛЕКСАНДРА ПЕТРАШЕВИЋ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Косовској Митровици – Природно-математички факултет, департман за географију,  
Лоле Рибара 29,38220 Косовска Митровица, Србија

<sup>2</sup>Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски трг 3/3, 11000 Београд, Србија

<sup>3</sup>Универзитет у Бања Луци, Природно-математички факултет, департман за географију, Бања Лука,  
Босна и Херцеговина

**Сажетак:** Мироч је планина у источној Србији која се простире између Доњег Милановца и Текије у Неготинској Крајини. Највиши врх ове планине је Велики Штрбац, чија надморска висина износи 768 метара. Фрактална геометрија је научна метод који се користи да опише, моделује и анализира сложене облике у природи. Фрактал је „умањена копија целине“, такав лик је сам себи сличан. Циљ рада је да се кроз пример морфометријских карактеристика планине Мироч прикаже могућност употребе рачунарских анализа и коришћење програмског језика Python, C++, ГИС софтвера Global Mapper 15.2 и QGIS/a. То ће омогућити да се израчуна годишње издизање планине Мироч.

**Кључне речи:** Мироч, планина, Дунав, Python, C++, Global Mapper 15.2, QGIS, фрактали

### Увод

Мироч, површине око 296,7 км<sup>2</sup>, налази се у североисточној Србији, припада ниским планинама јер је највећи део ове планине од 450 до 500 m. Простире се између Доњег Милановца и Текије у Неготинској Крајини, између лукова, на кривинама Дунава, где се пробија кроз стеновите део „Ђердапа“, пресецајући тако јужне обронке Карпата. Планина је са свих страна окружена Дунавом. Највиши врх је Велики Штрбац, надморске висине 768 метара, који се уздиже изнад најужег дела Дунава у Европи, затим планински висови Мали вис, Високи Чукар, Чаршија, Главица и висоравни Килома, Бељан, Алун и Мирочка висораван. У грађи североисточне Србије постоји већи број типова стена и седимената што упућује на закључак да све ове литолошке целине нису једнаке старости. Седименти, представљени песковима и глинама, у источном делу територије, сигурно су знатно млађи од пешчара и глинаца. Метаморфне стене, типа хлоритских шкриљаца на Мирочу, настале су од лапоровитих стена. За данашњи изглед Мироча и североисточне Србије најзначајнија је алпска орогенеза. Пре 70 милиона година у овом простору долази до навлачења старијих, рифеј-камбријских стена, преко аутохтоних, млађих мезозојских стена североисточне Србије. Те старе стене представљене су гнајсом, микашистима и хлоритским шкриљцима. Оне и данас прекривају источне и западне падине Мироча. Изоловане масе ових стена, заједно са „текијским и сипским кристалиникумом“ су стране са запада, дуготрајним и јаким тектонским покретима, навучене стене. Због тога што су знатно старије стене (око 1 милијарду година) од стена које се налазе испод њих, указује на о постојању великог шариажа у североисточној Србији. Распрострањење ове, познате као „ђердапска навлака“ прекинуто је касније тектонским покретима као и ерозивним процесима. Време стварања планина североисточне Србије везано је за тај временски период. Услед издизања планина, море се поново повлачи и током читавог палеогена, око 40 милиона година, овај простор је копно. За време постојања Панонског мора/језера, источне падине Мироча заплускивале су воде Дакијског и Влашког мора. Ове две водене површине биле су

најчешће у међусобној вези, изузев у периоду меота, пре око 11 милиона година, када је издизањем Карпата, та веза прекинута. Присуство знатне количине теригеног материјала указује на стално и снажно издизање копна представљеног планинским низом Мироч-Дели Јован. Због издизања планина долази до прекида веза између Панонског и Влашког мора. Влашко море у Неготинској Крајини и Кључу није никада било дубоко, дубина није била већа од 50 m. (Стевановић П., 1951, 1982). Како су се тектонски покрети и издизања настављала, обала Влашког мора поступно се помера ка истоку. По некадашњем морском дну почињу да се усецају долине потока и река које дренирају источне падине Мироча, Великог Гребена и Дели Јована. Да алпска орогенеза још траје указују облици рељефа настали издизањем планина. Могуће је да се Мироч издиже од 2 до 4 mm годишње (Јовановић П, 1971). Издизања је било и током плиоцена и квартара. Судајући по томе што је Дунав усекао клисуру пробојницу испод Великог Штрпца (768 m) а не јужније, може се закључити да је у почетку његовог усецања област Мироча била нижа. Услед неједнаког износа издизања у меридијанском правцу, оса мирочког антклиноријума тоне у правцу југа. Изграђен је од кречњака, интензивно скрашћен. Током палеогеоморфолошке еволуције простор Мироча налазио се под водом Влашког мора. Повлачењем обалске линије Влашког мора према истоку почело је sukcesивно усецање речних долина по његовом дну. Највећа, најдужа и најзначајнија речна долина је долина Дунава, односно Ђердап. Најужи део ове клисуре је представљен често вертикалним литицама Мироча. Највеће површине чистих кречњака налазе се на Мирочу (Манојловић П, 1986), у оквиру јединствене целине од 125 km<sup>2</sup>.

**Слика 1. Део планине Мироч и његов положај у Републици Србији**

### **Фрактална анализа у Гео-наукама**

Седамдесетих година прошлога века фрактална географија је доживела свој процват, заједно са теоријом паметног хаоса и Брауновог кретања. Све три теорије могле су се сврстати у савремене јер су представљале прогрес у апликативним дисциплинама Гео-наука. Њихова математичко-статистичка основа као и стохастичка контура имплементирале су се у виду кода у информатички склоп (Clarke K.C., 1988). Програмски језици који су се користи код фракталне геометрије: Fortran, C, Java, Pascal су се данас готово утростручили. Тако је фрактална анализа имплементирана у скоро све ГИС софтвере: ArcGIS, GeoMedia Professional, Global Mapper, као и у ГИС софтвере који су отвореног приступа (Open Source), Quantum bGIS, SAGA GIS, Grass GIS и др. Фрактална анализа је највећу примену нашла у физичкој географији, друштвеној и дигиталној картографији (Ngan-Lam N., De Cola L, 1993). Примена у физичкој географији може се поделити на одређене области којима се она бави:

1. Методе за одређивање Фракталних димензија,
2. Примена фрактала у Геохемији,
3. Геостатистици мапирања,
4. Шреве модел речне мреже,
5. Фрактално Брауново кретање
6. Фрактални макро и мини сетови података,
7. Дупла путања кретања појаве,
8. Фракталне временске серије,
9. Фрактални момент тишине и кретања појава,
10. Нулта тачка и Левијев кластер,
11. Самоодрживи фрактали.

У друштвеној географији фрактална географија је нашла примену у просторном планирању и урбаној географији. Издвајају се следеће примене фракталне геометрије:

1. Класична централна теорија градова,
2. Геоометрија градова,
3. Фрактал генерација хијерархије три централне зоне градова,
4. Димензије простора у централној теорији градова,
5. Генерализација К вредности система,
6. Фрактална геометрија и урбана морфологија,
7. Модели урбаног раста и региони кластера.



Примена у картографији и дигиталној картографији је у следећим областима:

1. Фрактална теренска анализа, 2. Процесна текстура на карти, 3. Модел карте, 4. Супротни модел карте, 5. Синтетичка метода Еверест. Све ове подобласти којима се бави фрактална анализа омогућавају широку и методичну примену у Гео-наукама.

### Метод и симулација кривих линија ДЕМ и Грид терена

Мерење фракталних димензија на површинама одређеног грида је увек изазов јер се на одређеном терену може налазити и више од милион тачака. Најсложеније је добијање димензија. X и Y димензије се релативно лако добијају док се Z димензија, која представља елевацију (алтитуду), добија теже. Слична мерења примењују се код кривих, другачија метода и алгоритам се представља димензијом D која садржи све три координате (X,Y,Z). Изоленије или изохиписе представљају се интерсекцијом терена са додатим планом терена кроз пројекциони фајл, у којем се представља грид. Узима се аргумент функције:

$$D_{surface} = D_{isarithm} + 1 \quad (1)$$

једначина  $D_{isarithm} + 1$  представља ход где ће доћи до сечења или додавања тачака грида (Witough, P.A, 1981). Овај ход представља дигитализацију на карти која је данас распрострањена у свом ГИС софтверу. Тако се из тачака које су дигитализоване добије дигитални елевациони модел (DEM), алгоритам који је могао да обавља функцију добијања рељефа из тачака, у одређеном облику коригован од стране (Goodchlid 1980, Shelberg et al. 1983). Ова два научника су по прву пут убацили код у програмском језику Фортран (FORTRAN). Данас Фортран има нешто мањи значај те је код имплементиран у програмским језицима Пајтон (Python), (C++) , и сегментуално у програмском језику JAVA. У скраћеној верзији рада кода објашњено је да се кроз матрице убацују подаци који се очекују од Z величине. Број колона између тачака ће одредити број функција међу изоленијама. Програм генерише различите величине корака које следе геометријску серију, а један корак је јединица мере унутар грида, те је корак у ходу: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, ...,  $N+ \rightarrow \infty$ . Програм генерише унутар кода максимум број понављања у зависности од величине грида. И мале вредности хода се узимају из вредности грида. Програм генерише D вредност са изоленије грида а средње вредност D1, тако вредност увек већа од 0,9 узима се да не дође до преклапања података. За све изоленије и њихове алгоритме које су већ обрађени да не бих дошло до преклапања са слике, оставља се ћелија пиксела да буде црне боје. Ако је боја пиксела другачија онда је дошло до преклепања код одређеног броја пиксела, па се тако дефинишу и ситнији детаљи рељефа. Када је процес фрактализације завршен ћелије пиксела које су биле унутар алгоритма заокружује своју величину. Да није ове функције у алгоритму дошло би до растурања низа јел тежи бесконачности операција унутар математичке форме. LANDSAT снимци који имају другачију спектралну анализу морају се цртати по ивицама пикселних низова, па је код њих нешто другачији алгоритам, узима се шум рандом насумичних, вредности да би се пискели касније бојили и површине дефинисале (Lam, 1990). После израчунавања свих граничних ћелија по 1 ходу, за све изоленије, алгоритам користи линеарну регресију (Табела 1.) из ње се може израчунати уз помоћ D вредности користећи једначину  $D=2-b$ . Површина коначне фракталне димензије као и средња вредност вредности D одређених изоленија за све вредности веће и једначини од  $R^2 \geq 0.9$ .

Табела 1. Димензија фрактала кривих линија са ходом

## Фрактална анализа ДЕМ-а планине Мироч

После дефинисања географског положаја планине Мироч, приступа се скидању сателитског снимка са сателита LANDSAT, који се поставља на ТК карти захватног подручја планине Мироч. У ову сврху користи се сајт USGS. (US geological Survey). Постоји више начина и метода како се убацује ДЕМ. Један од метода је учртавање изохипси на одређеној топографској карти. Важно је да линија има што природнији облик, да је цртана слободном руком. Када се линије сортирају по висинама (главна изохипса 100 m, основне на 20 m), све висине се уврсте у посебан лејер који се назива Modify Feature Info. Ту се убацује назив лејера и класе појава (Feature Class), који се чува. Додељује се назив линије и основни параметри о висини (Лејер висине је најбитнији, без њега није могуће да се подигне ДЕМ, али је неопходно имати податке датих висина). Функција на којој се учртавају лејери је означена са алгоритмом Elevation. Довољно је уписати висину и ставити слово у којој се висина означава (x,y,z), да би софтвер препознао координату висине. Када се убаце сви лејери у базу добијају се све линије, које сада треба пребацити у површине да би од линија настале ДЕМ висине, тако постигао ефекат добијања Дигиталног Елевационог Модела. Овај поступак је знатно тежи за извођење од следећег али се постижу бољи резултати јер је прецизнији. Следећи начин за добијање ДЕМ је скидање истог са сервера где је то дозвољено. Једна од могућности је скидање и трансфер података са сервера самог софтвера (Global Mapper), који се налази у следећој команди (Download Online Data). Када се отвори прозор са датом командом Aster GDDEM, унутар тог линка се скидају подаци који могу бити изражени у више формата: DEM, GeoTiff, DEM/USGS, KML, OZI, ASCII. Кропује се селектована површина и одређује координата уз пројекцију, које се касније чувају у Пројекционом фајлу Global Mapper 15.2 из ДЕМ-а, касније извлачи податке.

**Слика 2. Пример фракталне анализе добијен из ГИС софтвера који има имплементиран алгоритам хода фрактала**

После добијања ДЕМ-а, из њега се извлаче тачке које се убацују у програмски језик C++, па касније у Python који има своје пакете у програму QGIS. Из овог софтвера се добија процењено годишње издизање по пикселу и оно износи 0,000345mm, (3,45mm за годину) за 1 годину или 34,5 m за 1000000 година, ако не дође до нагле промене у генези рељефа.

**Слика 3. Пример почетног кода у C++ програмском језику који се имплементирао у ГИС софтвер QGIS преко Python кода.**

### Закључак

За данашњи изглед Мироча и североисточне Србије најзначајнија је алпска орогенеза. Присуство знатне количине теригеног материјала указује на стално и снажно издизање копна представљеног планинским низом Мироч-Дели Јован. Седамдесетих година прошлог века фрактална географија је доживела свој процват, заједно са теоријом паметног хаоса и Брауновог кретања Фрактал је „умањена копија целине“, Фрактална анализа имплементирана је у скоро све ГИС софтвере: ArcGIS, GeoMedia Professional, Global Mapper, као и у ГИС софтвере који су отвореног приступа (Open Source), Quantum GIS, SAGA GIS, Grass GIS и др. После добијања ДЕМ-а, извучене су тачке које се убацују у програмски језик C++, па у Python који има своје пакете у програму QGIS. Из овог софтвера се добија процењено годишње издизање планине Мироч по пикселу и оно износи 0,000345 mm 1 годину или 3,45 m за 100000 година, ако се користе садашњи параметри.

Литературу видети на страни 104